

第二章

质点动力学

第2章 质点运动学

2.1 牛顿运动定律

牛一(惯性定律): $\sum \vec{F}_i = 0$ 时 \vec{v} 恒矢量

牛顿定律成立 \rightarrow 惯性系 不成立 \rightarrow 非惯性系

牛二: $\sum \vec{F}_i = m\vec{a} = m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}$

质点运动, 瞬时,

力的叠加原理

牛二的分量式 $\sum F_{ix/y/z} = ma_{ix/y/z} = m \frac{dv_{ix/y/z}}{dt}$ 直角坐标系

$$\begin{cases} \sum F_r = ma_r = m \frac{dv}{dt} \\ \sum F_n = ma_n = m \frac{v^2}{\rho} \end{cases} \quad \text{自然坐标系}$$

牛三: 等大反向

单位 N $1N = 1kg \times 1m/s^2$

2.2 国际单位制和量纲

1m 1s 1kg

基本量

辅助量
rad

导出单位

2.3 常见的力

1. 万有引力 $\vec{F} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r}$ $G = 6.67 \times 10^{-11} N \cdot m^2 / kg^2$

重力: 地球对吸引力 $\vec{G} = m\vec{g}$ 竖直向下

2. 电磁力 $\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$ $k = 8.99 \times 10^9 N \cdot m^2 \cdot C^{-2}$

3. 强力: $\vec{F} = \frac{C}{r^n} e^{-\frac{r}{r_0}}$

4. 弱力:

1'. 重力 $g \approx \frac{GM_E}{R^2} = 9.82 m \cdot s^{-2}$

2'. 弹力 $\vec{F} = -k\vec{x}$

3'. 摩擦力

1) 静摩擦力 $f \leq \mu_s N$

2) 滑动 $f_k = \mu_k N$

4'. 流体阻力 $f = kV$ 空气 $f = \frac{1}{2} C_p A V^2$

2.4 牛顿定律的应用举例

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

1) 已知质点的运动规律, 求质点所受的力(微分)

由 $m, r=r(t)$ 求 $v=v(t)$, 求出 $a=a(t)$, 求 $F=F(t)$

2) 已知质点所受的力求质点的运动规律(积分)

由 $m, F=F(t)$, 求出 $a=a(t)$, 再求出 $v=v(t), r=r(t)$

2.5 相对运动和非惯性系力学

1. 平动参考系

质点 \rightarrow 静止系: 绝对运动 \vec{r}

质点 \rightarrow 运动系: 相对运动 \vec{r}'

运动系 \rightarrow 静止系: 牵连运动 \vec{r}_0

2. 位置矢量之间的关系(伽利略坐标变换关系)

$\vec{r}(t) = \vec{r}_0(t) + \vec{r}'(t)$ 绝对位置矢量 = 牵连位置矢量 + 相对位置矢量

3. 速度矢量之间的关系(伽利略速度变换关系)

$\vec{v}(t) = \vec{v}_0(t) + \vec{v}'(t)$ 绝对速度 = 牵连速度 + 相对速度

4. 加速度矢量之间的关系

$\vec{a}(t) = \vec{a}_0(t) + \vec{a}'(t)$ 绝对加速度 = 牵连加速度 + 相对加速度

5. 绝对运动 = 牵连运动 + 相对运动

6. 力学相对性原理(伽利略相对性原理)

7. 惯性系动力学方程 $\sum \vec{F}_i = m\vec{a} = m(\vec{a}_0 + \vec{a}')$

在非惯性系中, 要使牛二成立, 引入惯性力

惯性力的实质
是惯性在非惯
性系中的体现

$\vec{f}_i = -m\vec{a}_0$ (不是真实的力) 方向与非惯性系 \vec{a} 相反

8. 非惯性系动力学方程 $\sum \vec{F}_i + \vec{f}_i = m\vec{a}'$

9. 匀角速转动参考系中的惯性力(3解)

$\vec{f}_n = -m\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}) = m\omega^2 \vec{r}$ 惯性离心力, 与弹力方向相反

科里奥利力 $\vec{f}_c = 2m\vec{v}' \times \vec{\omega}$

转动非惯性系可观测(虚)